(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2016 222 987 A1** 2018.05.24

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 222 987.7**
(22) Anmeldetag: **22.11.2016**
(43) Offenlegungstag: **24.05.2018**

(51) Int Cl.: ***B24B 5/16*** (2006.01)
***B24B 51/00*** (2006.01)
***B21B 27/00*** (2006.01)

(71) Anmelder:
**SMS group GmbH, 40237 Düsseldorf, DE**

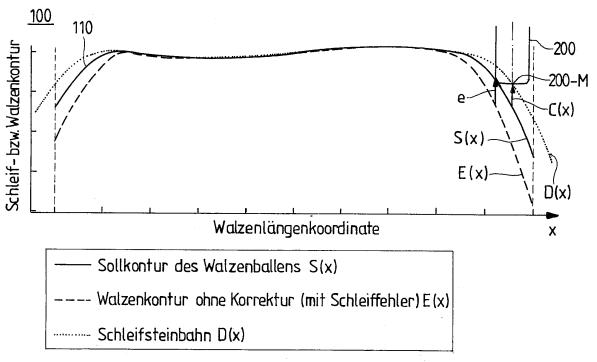
(74) Vertreter:
**Hemmerich & Kollegen, 57072 Siegen, DE**

(72) Erfinder:
**Seidel, Jürgen, 57223 Kreuztal, DE; Lixfeld, Peter, 57271 Hilchenbach, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Schleifen der Kontur des Ballens einer Walze**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen der Kontur des Ballens 110 einer Walze 100, insbesondere einer Walze mit Walzenkontur mit steilem Kurvenverlauf in einem Walzgerüst zum Walzen von Metallband, aufweisend folgende Schritte: Vorgeben einer Sollkontur für den Ballen 110 der Walze und Schleifen der Kontur des Ballens 110 durch Führen eines Schleifsteins 200 entlang einer Schleifsteinbahn D(x). Um Schleiffehler und Schleifzeiten zu reduzieren, sieht das Verfahren erfindungsgemäß weiterhin folgende Schritte vor: Ermitteln eines Schleiffehlers e bzw. Schleiffehlerfunktion E(x) zumindest über einzelnen Längenabschnitten des Ballens 110 in axialer Richtung x; Berechnen einer Korrekturkurve C(x) zumindest über den einzelnen Längenabschnitten des Ballens 110 in axialer Richtung x, wobei die Korrekturkurve C(x) den ermittelten Schleiffehler e vermeidet; und Berechnen der Schleifsteinbahn D(x) zum Führen des Schleifsteins 200 durch Überlagern der Sollkontur A(x)+B(x) für den Ballen 110 mit der Korrekturkurve C(x).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen der Kontur des Ballens einer Walze, insbesondere einer Walze mit Walzenkontur mit steilem Kurvenverlauf in einem Walzgerüst zum Walzen von Metallband. Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine entsprechend dem Verfahren geschliffene Walzenballenkontur.

**[0002]** Walzenschleifmaschinen mit denen Schleiffehler vermindert oder Schleifzeiten verkürzt werden können, sind in der deutschen Offenlegungsschrift DE 37 26 055 A1 und dem deutschen Gebrauchsmuster DE 297 21 000 U1 offenbart. In den Schriften wird insbesondere erläutert, dass beim normalen Schleifvorgang häufig die Flanke oder Kante einer Schleifscheibe zum Schleifen herangezogen wird. Um daraus resultierende Schleiffehler zu minimieren werden in den beiden genannten Dokumenten Konstruktionen vorgeschlagen, wie die Schleifscheibe geschwenkt werden kann, so dass die Schlifffläche tangential angepasst entlang der Walzenkontur eingestellt und über den Ballen einer Walze geführt werden kann.

**[0003]** Der Mechanismus zum Schwenken der Schleifscheibe ist jedoch sehr aufwendig, da er möglichst spielfrei ausgeführt werden muss. Weiterhin ist der Schleifwinkel mechanisch begrenzt. Steile Übergänge, wie sie beispielsweise im Bereich der Kanten bzw. Ränder des Walzenballens, insbesondere einer Stützwalze und weiter insbesondere bei Ballenkanten mit einem Rückschliff auftreten, können mit den bekannten Vorrichtungen nicht nachgefahren bzw. angepasst werden. Dort entstehen trotz schwenkbarer Schleifscheiben immer noch Schleiffehler.

**[0004]** Wie ein Schleiffehler bei gekrümmten Konturen entstehen kann, veranschaulicht **Fig. 4**. Wird der Schleifstein 200 bzw. die Schleifscheibe so geführt, dass seine Mitte der Sollkontur S(x) für den Ballen 110 der Walze 100 folgt, dann nehmen die Flanken oder Kanten des Schleifsteins unerwünschterweise zusätzliches Material von dem Ballen 110 der Walze ab. Der Schleifstein dringt in die Sollkontur ein. Besonders bei steilen Übergängen und in den Randbereichen des Walzenballens sind die Schleiffehler e am größten; siehe dazu die entstandene gestrichelte Kurve E(x) in **Fig. 4**. Die Sollkontur S(x) ist in **Fig. 4** als durchgezogene schwarze Linie gezeigt. Während des Schleifvorganges kann zwar die Position bzw. die Schleifsteinbahn korrigiert werden, um Abweichungen bzw. Fehler zu minimieren. Dies ist jedoch mit zusätzlichem Abschliff und Schleifzeit verbunden.

**[0005]** Beispiele mit Walzenballen mit steilem Übergang sind in den europäischen Patentschriften EP 2 026 915 B1, **Fig. 7** und EP 0 249 801 A1, **Fig. 1** offenbart.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Schleifen der Kontur des Ballens einer Walze dahingehend zu verbessern, dass Schleiffehler und Schleifzeiten möglichst minimiert werden und auf diese Weise die angestrebte Sollkontur für den Ballen der Walze exakter und schneller erreicht wird. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Walze bereitzustellen, deren Kontur möglichst genau der vorgegebenen Sollkontur entspricht.

**[0007]** Diese Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine geeignete Schleifsteinbahn zum Führen des Schleifsteins zu ermitteln. Durch die beanspruchte Überlagerung der letzten Endes gewünschten Sollkontur für den Ballen mit einer Korrekturkurve, welche einen zuvor ermittelten Schleiffehler repräsentiert, wird vorteilhafterweise erreicht, dass insbesondere die Abmessungen und die Form des Schleifsteins bei der Berechnung der Schleifsteinbahn mit berücksichtigt werden. Auf diese Weise und weil die erfindungsgemäß berechnete Schleifsteinbahn bereits vor Beginn eines Schleifvorganges zur Verfügung steht, können schleifsteinbedingte Abweichungen von der Sollkontur des Ballens der Walze vermieden werden.

**[0008]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird weiterhin die zum Schleifen der Ballenkontur erforderliche Schleifzeit gegenüber dem Stand der Technik verkürzt.

**[0009]** Die Begriffe „Ballen der Walze“ und „Walzenballen“ werden synonym verwendet.

**[0010]** Verfahrensschritte zur Ermittlung des Schleiffehlers vor und nach dem ersten Schleifvorgang, zur Berechnung der Kontur der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins, zur Berechnung der Korrekturkurve sowie zur Ausgestaltung der Sollkontur für den Ballen der Walze sind Gegenstand der abhängigen Verfahrensansprüche. Dort ist insbesondere beschrieben, dass die Berechnung der Kontur der Schleifflächen des Schleifsteins sowie die Berechnung der Korrekturkurve jeweils für definierte Schleifstufen oder dynamisch erfolgen kann. Dabei sind definierte/iterative Schleifstufen z. B. Vorschrubben, grobes Schleifen und Feinschleifen. Die Bezeichnung „dynamische Berechnung der Kontur“ bedeutet, dass die Korrekturkurve eventuell zwischen einzelnen Schleifdurchgängen adaptiert werden kann, wenn eine Zwischenmessung der geschliffenen Kontur noch nicht das gewünschte Ergebnis zeigt.

**[0011]** Durch die Vorgabe oder Berechnung einer optimierten Anfangskontur für den Schleifstein kann vorteilhafterweise eine gleichmäßigere Abnutzung und Ausnutzung des Schleifsteins erreicht werden,

was zusätzlich zu einer Verminderung von Schleiffehlern führt. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Vorgabe oder die Berechnungsvorschrift für die Kontur der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins adaptiert wird, wenn die vorgegebene bzw. berechnete Kontur der Schleifflächen von der tatsächlichen, z. B. durch Vermessung ermittelten Kontur der Schleifflächen des Schleifsteins abweicht. Analog kann vorteilhafterweise eine Adaption der weiteren Berechnungsvorschrift zur Berechnung der Korrekturkurve erfolgen, wenn die Sollkontur für den Ballen der Walze von der tatsächlichen, z. B. durch Vermessung nach einem Schleifvorgang ermittelten Kontur für den Ballen der Walze abweicht. Beide Adaptionen bewirken vorteilhafterweise ebenfalls eine Reduzierung des Schleiffehlers.

**[0012]** Die Aufgabe der Erfindung wird vorrichtungstechnisch durch die Walze nach Anspruch 16 gelöst.

**[0013]** Der Beschreibung sind vier Figuren beigefügt, wobei

**Fig. 1a** die Sollkontur des Ballens der Walze, die Walzenkontur ohne Korrektur, den Schleiffehler und die erfindungsgemäße Schleifsteinbahn zum Führen des Schleifsteins;

**Fig. 1b** den Schleiffehler und die erfindungsgemäße Korrektur der Schleifsteinbahn als Differenz zu der Sollkurve für den Ballen der Walze in Gegenüberstellung;

**Fig. 2** die erfindungsgemäße Ermittlung der Schleifsteinbahn zum Führen des Schleifsteins;

**Fig. 3** eine errechnete oder gemessene Schleifsteinkontur; und

**Fig. 4** eine Schleifsteinbahn mit daraus resultierenden Schleiffehlern gemäß dem Stand der Technik veranschaulicht.

**[0014]** Die Erfindung wird nachfolgend in Form von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die genannten Figuren detailliert beschrieben. In allen Figuren sind gleiche technische Elemente oder Funktionen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

**[0015] Fig. 1a** zeigt drei Kurvenverläufe über der Walzenlängenkoordinate **x**. Zum einen ist die Sollkontur **S(x)** für den Ballen **110** der Walze **100** gezeigt, wie sie nach Abschluss von mindestens einem Schleifvorgang angestrebt wird. Die Sollkontur ist als durchgezogene schwarze Linie gezeigt. Der Schleifstein ist mit dem Bezugszeichen **200** bezeichnet. Die gestrichelte Linie zeigt die Kontur des Ballens der Walze nach dem Schleifen, wenn die Mitte des Schleifsteins **200-M** entlang der gewünschten Sollkontur **S(x)** des Ballens **110** der Walze geführt werden würde. Die daraus resultierende Walzenkontur **E(x)** ohne Korrektur weicht deutlich von der gewünschten Sollkontur **S(x)** des Ballens ab; somit beschreibt die Differenz **e** zwischen den beiden Kurven/Konturen den Schleiffehler.

**[0016]** Um diesen Fehler zu vermeiden, sieht die vorliegende Erfindung vor, dass der Schleifstein **200** mit seiner Schleifsteinmitte **200-M** um die Korrekturfunktion **C(x)** korrigiert und auf einer Schleifsteinbahn **D(x)** geführt wird, welche von der Sollkontur **S(x)** für den Ballen (**110**) der Walze abweicht. Diese Schleifsteinbahn **D(x)** ist in **Fig. 1a** punktiert gezeichnet. Es ist zu erkennen, dass bei entsprechender Führung des Schleifsteins **200** entlang der erfindungsgemäß ermittelten Schleifsteinbahn **D(x)**, der Schleifstein die Sollkontur gerade berührt, aber nicht durchdringt.

**[0017] Fig. 1b** zeigt (im Vergleich zu **Fig. 1a** mit veränderter Skalierung) eine schematische Vereinfachung des Schleiffehlers **e** bei Führung des Schleifsteins entlang der gewünschten Sollkontur sowie die erfindungsgemäß ermittelte Korrekturfunktion **C(x)** aus der sich die Schleifbahn D (**x**) = S(x) + C(x) zum Führen des Schleifsteins ergibt. Beide Kurven sind in **Fig. 1b** insofern schematisch vereinfacht, als dass sie zumindest abschnittsweise z. B. durch vorgegebene Geradengleichungen beschrieben werden. In der Praxis können derartige Vereinfachungen durchaus ausreichend sein, um den unerwünschten Schleiffehler hinreichend genau zumindest zu reduzieren.

**[0018] Fig. 2** beschreibt das erfindungsgemäße Verfahren zum Ermitteln der Schleifsteinbahn **D(x)** zum Führen des Schleifsteins **200**.

**[0019]** Ausgangspunkt für das erfindungsgemäße Verfahren ist zunächst die Vorgabe einer Sollkontur **S(x)** für den Ballen **110** der Walze **100**. Die Sollkontur für den Ballen ist in **Fig. 2** nicht explizit dargestellt. Stattdessen ist eine Anfasungsfunktion **A(x)** sowie eine Ballenkonturfunktion **B(x)** dargestellt, deren Überlagerung der besagten Sollkontur **S(x)** = A (x) + B(x) für den Ballen **110** entspricht. Bei der Anfasungsfunktion kann es sich z. B. um eine Radius- oder Polynomfunktion und bei der Ballenkonturfunktion um beispielsweise eine Polynomfunktion oder eine Winkelfunktion handeln. Wie in **Fig. 2** weiterhin erkennbar, umfasst der Begriff „Ballen der Walze“ den linken Randbereich, den mittleren Bereich und den rechten Randbereich des Ballens **110** der Walze, also nicht lediglich dessen mittleren Bereich. Entsprechend umfassen alle in **Fig. 2** gezeigten Funktionen und Konturen für den Ballen vorzugsweise mindestens einen Konturabschnitt für den rechten Randbereich des Walzenballens, mindestens einen Konturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens und mindestens einen Konturabschnitt für den linken Randbereich des Walzenballens. Diese mindestens drei Konturabschnitte für den Ballen grenzen in axialer Richtung **x** der Walze aneinander, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Bei dem in **Fig. 2** gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Anfasungsfunktion **A(x)** im

mittleren Bereich des Walzenballens konstant und lediglich in dem linken und rechten Randbereich ausgeprägt, d. h. von null abweichend. Die Ballenkonturfunktion **B(x)** verläuft harmonisch. Die Sollkontur **S(x)** zeigt deshalb infolge der Anfasungsfunktion die steilen Übergänge im Randbereich des Walzenballens. Zwecks Vereinfachung und Verdeutlichung werden deshalb in **Fig. 2** nur die Schliffabweichungen in den Randbereichen kompensiert. Dieser Schleiffehler wird erfindungsgemäß ermittelt, wie weiter unten noch näher erläutert werden wird.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren sieht dann weiterhin die Berechnung einer Korrekturkurve **C(x)** über zumindest einzelnen Längenabschnitten des Ballens in axialer Richtung vor, wobei die Korrekturkurve den Schleiffehler vermeidet.

**[0021]** Schließlich sieht das erfindungsgemäße Verfahren die Berechnung der Schleifsteinbahn **D(x)** vor zum Führen des Schleifsteins. Die Berechnung der Schleifsteinbahn **D(x)** erfolgt durch Überlagern der Sollkontur für den Ballen, d. h. der Funktionen **A(x)** + B(x) = S(x) mit der Korrekturkurve **C(x)**. Die Schleifsteinbahn **D(x)** = S(x) + C(x), auch Schleiffehler-Kompensationskontur genannt, kann zumindest Abschnittsweise beschrieben werden mit einer Geradengleichung, mit einem Polynom n-ter Ordnung, einer Winkelfunktion, einer Exponentialfunktion, durch Vorgabe einer Punktfolge, als Summe bzw. Überlagerung mehrerer Funktionen oder durch Extrapolation bekannter Funktionen.

**[0022]** Die Ermittlung des Schleiffehlers **e** bzw. Schleiffehlerfunktion **E(x)** oder/und der Korrekturfunktion **C(x)**, insbesondere vor einem ersten Schleifvorgang erfolgt erfindungsgemäß in Abhängigkeit der vorgegebenen Sollkontur **S(x)** = A(x) + B(x) für den Ballen und der Kontur **200-f** der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins **200**.

**[0023]** In den Bereichen geringerer Krümmung der Walzenkontur, d. h. im mittleren Bereich des Walzenballens kann durch Adaption bzw. Vergleich der gemessenen Walzenkontur und Sollwalzenkontur eine akzeptable Schleifgenauigkeit eingestellt werden. Im Walzenballenkantenbereich, in denen die Walzenkonturmessung problematisch ist, wird durch die erfindungsgemäße Vorgabe der Schleifsteinbahn die erzeugte Walzenkontur verbessert. Beide Methoden können alternativ zumindest auf einzelnen Abschnitten des Walzenballens auch überlagert bzw. gemeinsam angewendet werden.

**[0024]** Für die ersten Schleifzyklen lässt sich auch im mittleren Bereich des Walzenballens durch Ermittlung der Schleiffehler (kleinere Fehler) dort nach obiger Methode der korrigierten Schleifsteinbahn die anfängliche Walzenkontur genauer herstellen. Für die folgenden Schleifzyklen wird dann auf die Adaptionsmethode umgeschaltet und somit die Schleiffehlerkompensationsmethode (Vorgabe der Schleifsteinbahn) und die Adaptionsmethode fürs Schleifen kombiniert.

**[0025]** Die Kontur **200-f** der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins **200** über der Breite **200-b** des Schleifsteins kann vorgegeben oder mit Hilfe einer Berechnungsvorschrift berechnet werden unter Berücksichtigung von mindestens einem der folgenden Aspekte:

- der gewünschten Sollkontur **A(x)**+B(x) für den Ballen;
- der Ausgangskontur oder einer Kontur nach einem Vorkonturieren (Abrichten) **200-f** des Schleifsteins **200**;
- eines Schleifstein-Abriebsmodells, welches den Verschleiß des Schleifsteins **200** in Abhängigkeit der Walzen- und Schleifsteinhärte sowie der Walzenkontur und der geschliffenen Ballenstrecke errechnet;
- der gemessenen Schleifsteinkontur **200-f** nach einer definierten Anzahl von Zwischenschritten;
- einer adaptierten Schleifsteinkontur mit welcher zum Beispiel im Mittel die Sollkontur geschliffener Walzen in der Vergangenheit getroffen wurde.

**[0026]** **Fig. 3** zeigt anschaulich ein Beispiel für eine vorgegebene oder berechnete Kontur der Schleifflächen eines Schleifsteins. In den Randbereichen und im mittleren Bereich des Walzenballens kann die Kontur zumindest abschnittsweise durch individuelle mathematische Funktionen beschrieben werden. Abhängig von der zu erzeugenden Walzenkontur und anderer Randbedingungen stellen sich z. B. unterschiedliche Flanken- und Kantenformen auf der linken und rechten Seite des Schleifsteins ein. Durch eine initiale Voreinstellung der Schleifsteinkontur für die verschiedenen Breitenbereich 1 - 4 lassen sich zusätzlich die Schleifergebnisse verbessern und eine gleichmäßiger Abnutzung des Schleifsteins erreichen. Das ermöglicht auch den Einsatz breiterer sowie härterer bzw. verschleißfesterer Schleifsteine.

**[0027]** Die Berechnung der Kontur **200-f** der Schleifflächen des Schleifsteins **200** kann mit Hilfe der Berechnungsvorschrift vor Beginn des Schleifprozesses und/oder während des Schleifprozesses nach definierten Schleifstufen oder dynamisch erfolgen.

**[0028]** Die Berechnungsvorschrift für die Kontur **200-f** der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins wird vorzugsweise adaptiert, wenn die aus der Berechnungsvorschrift resultierende Kontur der Schleifflächen des Schleifsteins von der tatsächlichen, z.B. durch Vermessung ermittelten Kontur

**200-f** der Schleifflächen des Schleifsteins **200** abweicht.

**[0029]** Die Ermittlung des Schleiffehlers **e** bzw. **E(x)** erfolgt vorzugsweise für zumindest einzelne Bereiche des Ballens **110** der Walze **100** und vorzugsweise nach einem Schleifvorgang durch Ausführen der folgenden Schritte: Ausmessen der tatsächlichen Kontur des Ballens **110** der Walze nach dem letzten Schleifvorgang; und Berechnen des eventuellen Schleiffehlers **E(x)** als Abweichung zwischen der Sollkontur **A(x)**+B(x) und der tatsächlich gemessen Kontur des Ballens **110** der Walze **100**.

**[0030]** Basierend auf der theoretischen oder gemessenen Schleifsteinkontur **200-f** und anderer Einflussgrößen (siehe unten) wird der zu erwartende Schleiffehler **e** bzw. **E(x)** oder/und die Korrekturfunktion **C(x)** über der gesamten Ballenlänge ermittelt oder/und vor allem die Kontur der Schleifsteinbahn **D(x)** berechnet, die den erwarteten Schleiffehler über der Ballenlänge vermeidet.

**[0031]** Die Ermittlung des Schleiffehlers **e** bzw. **E(x)** oder/und der Korrekturfunktion **C(x)** unter Berücksichtigung der Kontur der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins, die, wie in den vorangegangenen Absätzen beschrieben, berechnet wird, erfolgt für den Bereich des gesamten Walzenballens **110** inklusive dessen Randbereiche.

**[0032]** Die Berechnung der Korrekturkurve **C(x)** sowie die Schleifsteinbahn **D(x)** erfolgt mit Hilfe einer weiteren Berechnungsvorschrift derart, dass zumindest für einzelne Positionen (**xi**) in axialer Richtung (**x**) der Walze individuelle Funktionswerte C(xi) der Korrekturkurve unter Berücksichtigung der Kontur der Schleiffläche **200-f** des Schleifsteins so bestimmt werden, dass die Schleiffläche des Schleifsteins die Sollkontur **S(x)** = A(x)+B(x) für den Ballen **110** der Walze grade berührt, aber nicht durchdringt. Die Korrekturkurve **C(x)** wird dann vorzugsweise durch Interpolation oder Extrapolation einer Mehrzahl der ermittelten Funktionswerte C(xi) ermittelt.

**[0033]** Die Berechnung der Korrekturkurve **C(x)** über der Länge **x** des Ballens **110** der Walze erfolgt vorzugsweise inklusive von Umkehrstrecken des Schleifsteins links und rechts der Kante des Ballens **110**.

**[0034]** Die Berechnung der Korrekturkurve **C(x)** kann vor Beginn des Schleifprozesses und/oder während des Schleifprozesses nach definierten Schleifstufen oder dynamisch erfolgen. Die errechneten Werte können durch Vergleich von gerechneter und gemessener Walzenkontur adaptiert werden.

**[0035]** Schleiffehler im Bereich der Ballenkante können unterstützend vorzugsweise bei steilen Kurvenverläufen neben der Walzenkonturmessung der Schleifmaschine zusätzlich mit einem separaten Walzenmessgerät ermittelt werden.

**[0036]** Die weitere Berechnungsvorschrift zur Berechnung der Korrekturkurve **C(x)** wird vorzugsweise dann adaptiert, wenn die Sollkontur für den Ballen **110** der Walze von der tatsächlichen, z.B. durch Vermessung nach einem Schleifvorgang ermittelten Kontur für den Ballen **110** der Walze abweicht.

**[0037]** Die vorgegebene Sollkontur für den Ballen **110** der Walze wird durch Überlagerung einer vorgegebenen Ballenkonturfunktion **B(x)**, zum Beispiel in Form einer Polynomfunktion oder Winkelfunktion, und einer Anfasungsfunktion **A(x)**, zum Beispiel in Form einer Radius- oder Polynomfunktion, gebildet.

**[0038]** Die Sollkontur **S(x)** = A(x) + B(x) für den Ballen **110** der Walze **100** wird insbesondere bei Stützwalzenkonturen aus mindestens einem Sollkonturabschnitt für den rechten Randbereich des Walzenballens, mindestens einem Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens **110** und mindestens einem Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich des Walzenballens **110** gebildet, wobei die mindestens drei Sollkonturabschnitte für den Ballen **110** in axialer Richtung **x** der Walze **100** aneinander grenzen.

**[0039]** Die Anfasungsfunktion **A(x)** für den mittleren Bereich des Walzenballens **110** ist vorzugsweise konstant, weiter vorzugsweise Null.

**[0040]** Die Sollkontur **S(x)** = A(x) + B(x) des Walzenballens **110** und/oder die Korrekturkurve **C(x)** wird an einer ersten Übergangsstelle x1, vorzugsweise wo der Sollkonturabschnitt des rechten Randbereichs an den Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballen **110** grenzt, und/oder an einer zweiten Übergangsstelle x2, vorzugsweise wo der Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens **110** an den Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich grenzt, stetig, aber nicht stetig differenzierbar vorgegeben.

**[0041]** Bei vielen Schleifmaschinen ist es mit der installierten Messapparatur nicht möglich bis an die Ballenkanten zu messen, weil der Messarm bzw. Messtaster meist den Minimal- oder Maximalwert (Anschlag) erreicht. In diesem Bereich (insbesondere im Bereich der Anfasung der Stützwalze) ist man darauf angewiesen, die Schleiffehler auf Basis der theoretischen Betrachtungen oder anderer Korrekturen unter Verwendung der Korrekturfunktion **C(x)** zu minimieren. Hierbei wird als Walzenschliffkurve die Summe **S(x)** und die Korrekturfunktion **C(x)** für den

gesteuerten Schleifprozess als neue Sollkurve **S'(x)** = S(x) + C(x) vorgegeben.

**[0042]** Das Verfahren kann bei Arbeits- und Stützwalzen angewendet werden. Die Walzenkonturen können aus einer Kontur mit Anfasungsfunktionen **A(x)** mit B(x) = 0 oder aus einer Ballenkonturfunktion **B(x)** mit A(x) = 0 oder aus der Summe von zwei oder mehreren Konturen **A(x)** + B(x) bestehen. Allgemein ist das Verfahren wichtig bei Walzenkonturen mit steilen Kurvenverläufen, wie sie bei Walzenschliffen mit großem Profilstellbereich oder bei Stützwalzenkantenrückschliffen (Anfasungen) auftreten.

Bezugszeichenliste

| | |
|---|---|
| **100** | Walze |
| **110** | Ballen der Walze |
| **200** | Schleifstein |
| **200-b** | Breite des Schleifsteins |
| **200-f** | Schleiffläche des Schleifsteins |
| **200-M** | Mitte des Schleifsteins |
| **A(x)** | Anfasungsfunktion |
| **B(x)** | Ballenkonturfunktion |
| **C(x)** | Korrekturfunktion |
| **D(x)** | Schleifsteinbahn |
| **E(x)** | Schleiffehlerfunktion = Ballenkontur nach fehlerhaftem Schleifen |
| **S(x), S'(x)** | Sollkontur des Walzenballens |
| **x** | axiale Richtung der Walze |
| **xi** | einzelne Position in axialer Richtung |
| **e** | Schleiffehler |

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**


- DE 3726055 A1 [0002]
- DE 29721000 U1 [0002]
- EP 2026915 B1 [0005]
- EP 0249801 A1 [0005]

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen der Kontur des Ballens (110) einer Walze (100), insbesondere einer Walze mit Walzenkontur mit steilem Kurvenverlauf in einem Walzgerüst zum Walzen von Metallband, aufweisend folgende Schritte:
Vorgeben einer Sollkontur für den Ballen (110) der Walze; und Schleifen der Kontur des Ballens (110) durch Führen eines Schleifsteins (200) entlang einer Schleifsteinbahn (D(x)); **gekennzeichnet durch**
Ermitteln eines Schleiffehlers (e) bzw. eine Schleiffehlerfunktion (E(x)) zumindest über einzelnen Längenabschnitten des Ballens (110) in axialer Richtung (x);
Berechnen einer Korrekturkurve (C(x)) zumindest über den einzelnen Längenabschnitten des Ballens (110) in axialer Richtung (x), wobei die Korrekturkurve (C(x)) den ermittelten Schleiffehler (e) vermeidet; und
Berechnen der Schleifsteinbahn (D(x)) zum Führen des Schleifsteins (200) durch Überlagern der Sollkontur (A(x)+B(x)) für den Ballen (110) mit der Korrekturkurve (C(x)).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Schleiffehlers (e) bzw. Schleiffehlerfunktionen (E(x)) oder/und der Korrekturfunktion (C(x)), insbesondere vor einem ersten Schleifvorgang durch Berechnung erfolgt in Abhängigkeit der vorgegebenen Sollkontur (A(x)+B(x)) für den Ballen (110) und der Kontur (200-f) der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins (200).

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontur (200-f) der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins (200) über der Breite (200-b) des Schleifsteins vorgegeben oder mit Hilfe einer Berechnungsvorschrift berechnet wird unter Berücksichtigung von mindestens einem der folgenden Aspekte:
- der gewünschten Sollkontur (A(x)+B(x)) für den Ballen;
- der Ausgangskontur (200-f) des Schleifsteins (200) gegebenenfalls nach einem Vorkonturieren;
- eines Schleifstein-Abriebsmodells, welches den Verschleiß des Schleifsteins (200) in Abhängigkeit der Walzen- und Schleifsteinhärte sowie der Walzenkontur und der geschliffenen Ballenstrecke errechnet;
- der gemessenen Schleifsteinkontur (200-f) nach einer definierten Anzahl von Zwischenschritten;
- einer adaptierten Schleifsteinkontur mit welcher zum Beispiel im Mittel die Sollkontur geschliffener Walzen in der Vergangenheit getroffen wurde.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung der Kontur (200-f) der Schleifflächen des Schleifsteins (200) mit Hilfe der Berechnungsvorschrift vor Beginn des Schleifprozesses und/oder während des Schleifprozesses für definierte Schleifstufen oder dynamisch/iterativ erfolgen kann.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnungsvorschrift für die Kontur (200-f) der Schleifflächen des eingesetzten Schleifsteins adaptiert wird, wenn die aus der Berechnungsvorschrift resultierende Kontur der Schleifflächen des Schleifsteins von der tatsächlichen, z.B. durch Vermessung ermittelten Kontur (200-f) der Schleifflächen des Schleifsteins (200), abweicht.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Schleiffehlers (e) bzw. Schleiffehlerfunktion (E(x)) nach einem Schleifvorgang durch Ausführen der folgenden Schritte erfolgt:
Ausmessen der tatsächlichen Kontur des Ballens (110) der Walze nach dem letzten Schleifvorgang; und
Berechnen des eventuellen Schleiffehlers (e) bzw. Schleiffehlerfunktion (E(x)) als Abweichung zwischen der Sollkontur (A(x)+B(x)) und der tatsächlich gemessen Kontur des Ballens (110) der Walze (100).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des Schleiffehlers (e) bzw. Schleiffehlerfunktion (E(x) ) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 für den Bereich des gesamten Walzenballens (110) inklusive Randbereiche erfolgt; und dass vorzugsweise die Ermittlung des Schleiffehlers (e) bzw. Schleiffehlerfunktion (E(x)) nach Anspruch 6 für zumindest einzelne Randbereiche des Ballens (110) der Walze (100) erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung der Korrekturkurve (C(x) mit Hilfe einer weiteren Berechnungsvorschrift derart erfolgt, dass zumindest für einzelne Positionen (xi) in axialer Richtung (x) der Walze individuelle Funktionswerte C(xi) der Korrekturkurve unter Berücksichtigung der Kontur der Schleiffläche (200-f) des Schleifsteins so bestimmt werden, dass die Schleiffläche des Schleifsteins die Sollkontur (A(x)+B(x)) für den Ballen (110) der Walze grade berührt, aber nicht durchdringt; und dass vorzugsweise die Korrekturkurve (C(x)) durch Interpolation oder Extrapolation einer Mehrzahl der ermittelten Funktionswerte C(xi) ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung der Korrekturkurve (C(x)) über der Länge (x) des Ballens (110) der Walze inklusive von Umkehrstrecken des Schleifsteins links und rechts der Kante des Ballens (110) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung der Korrekturkurve (C(x)) vor Beginn des Schleif-

prozesses und/oder während des Schleifprozesses nach definierten Schleifstufen oder dynamisch erfolgen kann.

11. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Berechnungsvorschrift zur Berechnung der Korrekturkurve (C(x)) adaptiert wird, wenn die Sollkontur für den Ballen (110) der Walze von der tatsächlichen, z.B. durch Vermessung nach einem Schleifvorgang ermittelten Kontur für den Ballen (110) der Walze, abweicht.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebene Sollkontur für den Ballen (110) der Walze durch Überlagerung einer vorgegebenen Ballenkonturfunktion (B(x)), zum Beispiel in Form einer Polynomfunktion oder Winkelfunktion, und einer Anfasungsfunktion (A(x)), zum Beispiel in Form einer Radius- oder Polynomfunktion, gebildet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollkontur (A(x) + B(x)) für den Ballen (110) der Walze (100) aus mindestens einem Sollkonturabschnitt für den rechten Randbereich des Walzenballens, mindestens einem Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) und mindestens einem Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich des Walzenballens (110) gebildet wird; wobei die mindestens drei Sollkonturabschnitte für den Ballen (110) in axialer Richtung (x) der Walze (100) aneinander grenzen;

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anfasungsfunktion (A(x)) für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) konstant, vorzugsweise Null ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sollkontur (A(x) + B(x)) des Walzenballens (110) und/oder die Korrekturkurve (C(x)) an einer ersten Übergangsstelle (x1), vorzugsweise wo der Sollkonturabschnitt des rechten Randbereichs an den Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballen (110) grenzt, und / oder an einer zweiten Übergangsstelle (x2), vorzugsweise wo der Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) an den Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich grenzt, stetig, aber nicht stetig differenzierbar vorgegeben wird.

16. Walze (100), insbesondere Stützwalze in einem Walzgerüst zum Walzen von Metallband, aufweisend:
eine Walzenballenkontur bestehend aus einer Anfasungsfunktion (A(x)) und Ballenkonturfunktion (B(x)), die durch Überlagern eine Sollkontur des Walzenballens S(x) = A(x) + B(x) ergibt; **dadurch gekennzeichnet**, dass
zwecks Kompensation von zu erwartenden Schleiffehlern eine korrigierte Sollkurve des Walzenballens S'(x) durch Addition der Sollkurve (S(x)) und
einer Korrekturfunktion (C(x)) insbesondere im Bereich der linken und rechten Walzenballen ausgebildet ist.

17. Walze (100), insbesondere Stützwalze in einem Walzgerüst zum Walzen von Metallband, aufweisend:
einen Walzenballen (110) mit einem rechten Randbereich, einem mittleren Bereich des Walzenballens (110) und einem linken Randbereich;
wobei eine Sollkontur für den Walzenballen (110) aus mindestens einem Sollkonturabschnitt für den rechten Randbereich des Walzenballens,
mindestens einem Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) und mindestens einem Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich des Walzenballens (110) gebildet ist; und
wobei die mindestens drei Sollkonturabschnitte in axialer Richtung des Ballens (110) der Walze (100) aneinander grenzen; **dadurch gekennzeichnet**, dass
dass die Sollkontur (S(x) = A(x)+B(x)) oder die korrigierte Sollkurve (S'(x) = S(x) + C(x)) des Walzenballens (110) an einer ersten Übergangsstelle (x1), wo der Sollkonturabschnitt des rechten Randbereichs an den Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballen (110) grenzt, und / oder an einer zweiten Übergangsstelle (x2), wo der Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) an den Sollkonturabschnitt für den linken Randbereich grenzt, stetig, aber nicht stetig differenzierbar ausgebildet ist.

18. Walze nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sollkonturabschnitt für den mittleren Bereich des Walzenballens (110) zum Beispiel als Polynomfunktion oder Winkelfunktion ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

**Fig. 1a**

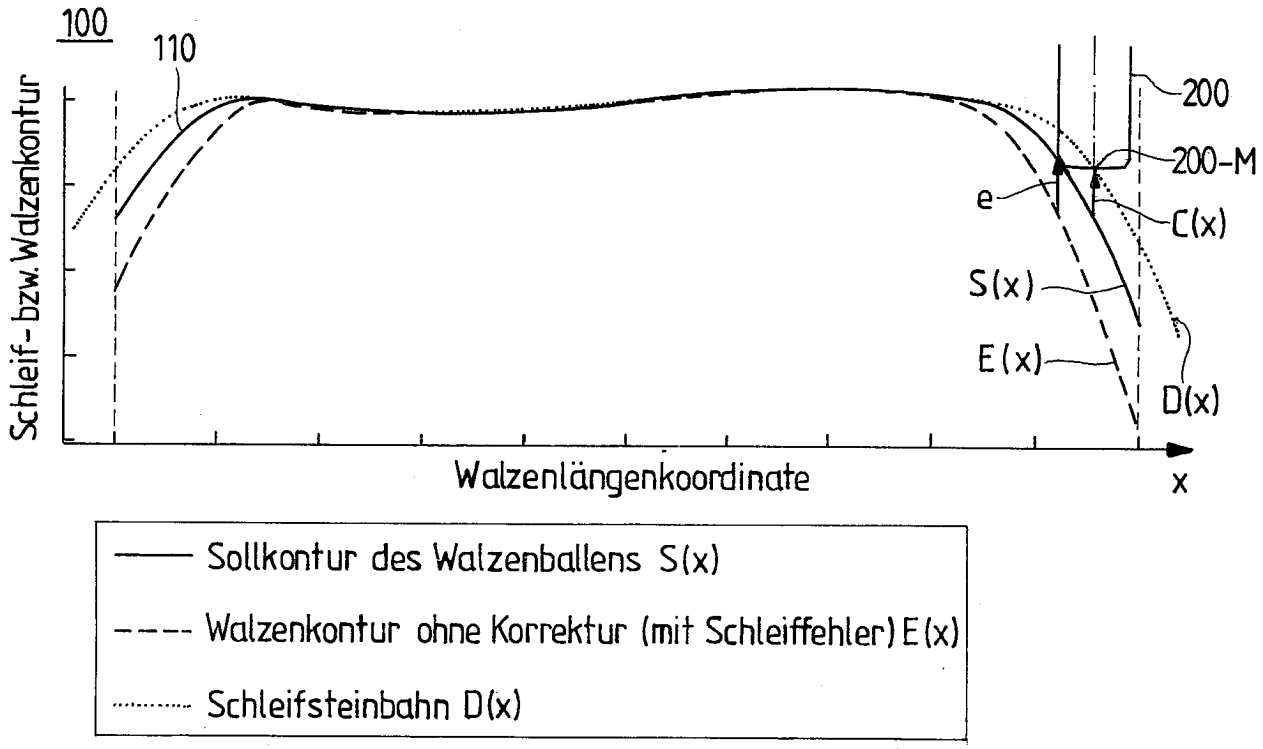



**Fig. 1b**

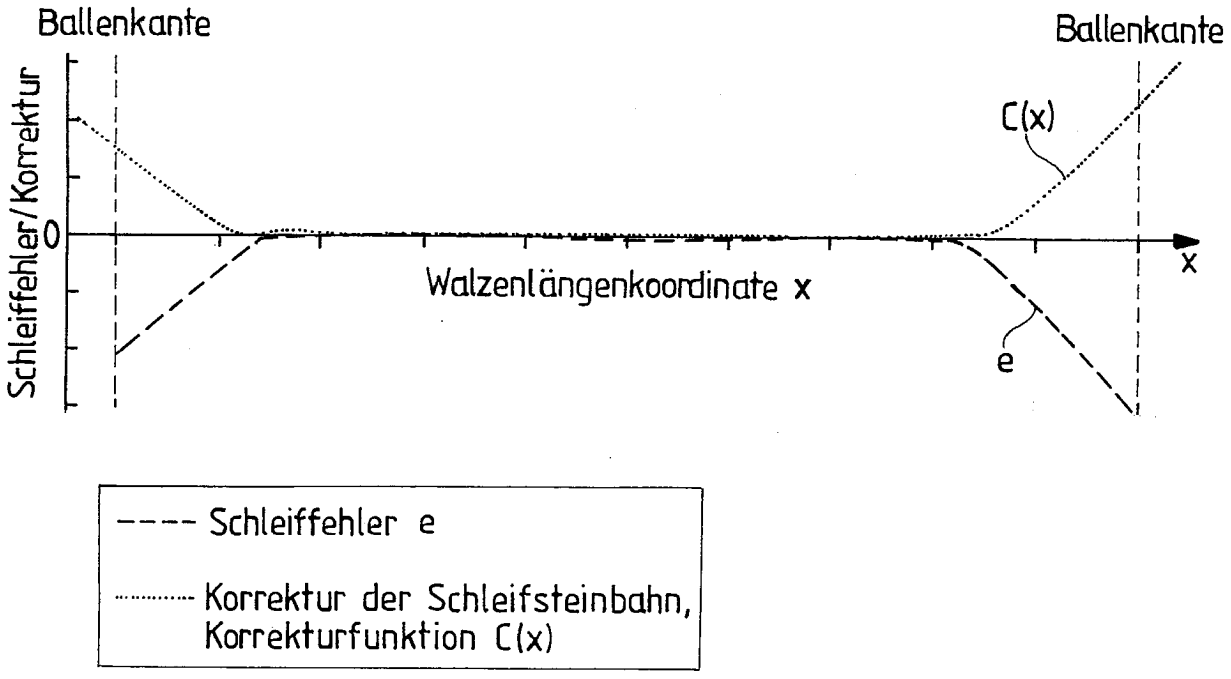


**Fig. 2**

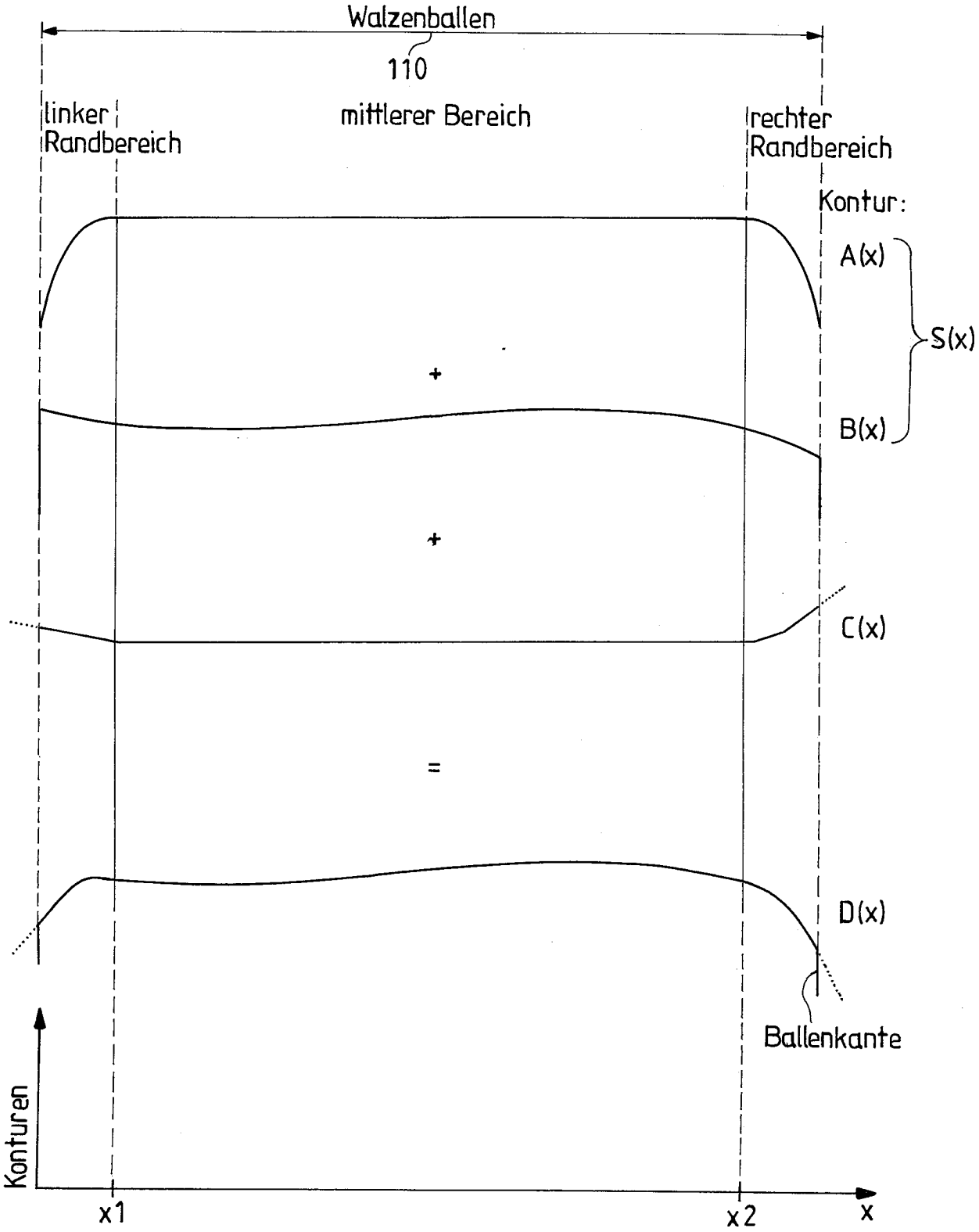

Walzenballen
110
linker Randbereich
mittlerer Bereich
rechter Randbereich
Kontur:
A(x)
S(x)
B(x)
+
+
C(x)
=
D(x)
Ballenkante
Konturen
x1
x2
x

**Fig. 3**

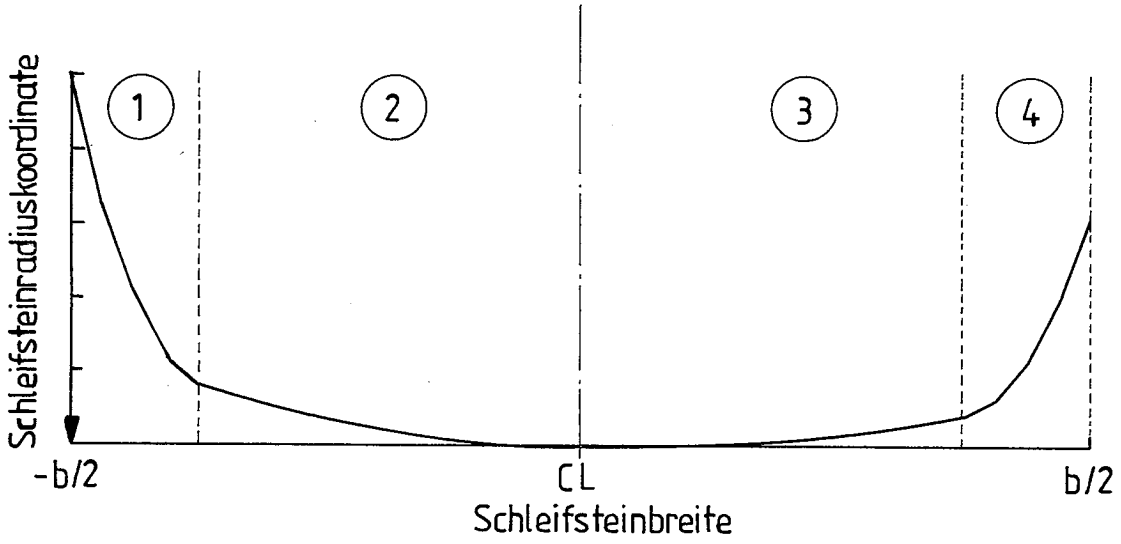



**Fig. 4** *Stand der Technik*

